

「数値予報の初期の時代に人はどのように計算をしていたか」

2. 1960-70年代の気象庁ではどのように計算が行われていたか
古川武彦[気象コンパス]

古川の経歴など

1940年生、滋賀県米原市、理学博士（九州大学、「山岳波について」）

1961年：気象庁研修所高等部（現気象大学校）卒業

1968年：東京理科大学理学部物理学科卒業

1961年—1964年：大阪管区気象台、潮岬測候所

1964年—1982年：気象研究所台風研究部

1982年—1984年：運輸省大臣官房海洋課、調査官

1984年—1989年：気象庁観測部・予報部、補佐官

1989年—1991年：福岡管区気象台技術部長

1991年—1994年：気象庁航空気象管理課長

1994年—1997年：気象庁予報部予報課長

1997年—1999年：札幌管区気象台長

1999年—2003年：（財）気象協会参与

2003年～ホームページ「気象コンパス」、2020年ホームページ「気象寺子屋」主宰

これまで「米国大気科学研究センター（NCAR）」留学、JICA無償技術援助プログラム（ラオス、モンゴル、フィジー）。「かしま灘楽習塾」、「千葉シニア自然大学」、「敬愛大学」で気象講座。「鹿嶋市報」、「茨城新聞」、「朝日新聞」などで「天気コラム」を執筆。

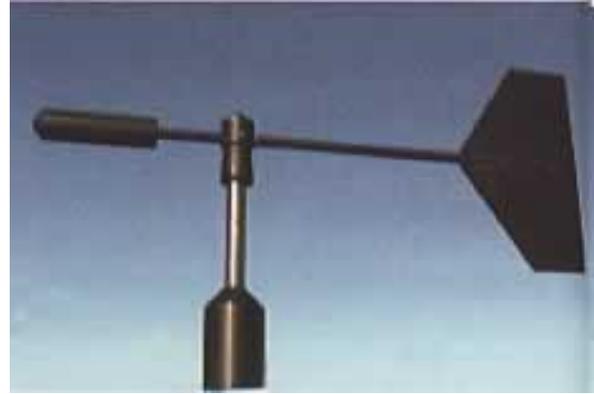
参考図書：気象庁物語（中公新書）、人と技術で語る天気予報史（東大出版会）、日本の気象観測と予測技術史（丸善）

観測要素・測器・作業・通報

観測種目/測器	観測要素	作業
地上気象	気温	温度計、読み取り
	気圧	フォルタン型水銀気圧計
	湿度	乾湿温度計
	風向・風速	風杯、矢羽根
	雨量	雨量マス
	視程	目視
	天気	目視
	雷	目視、ストップオッチ
気象レーダー (雨粒からの反射)	レーダーエコー	ブラウン管上でスケッチ Faxで本庁に送信
高層気象 (符号式ラジオゾンデ)	気温、湿度、気圧、風向	符号から、気温・湿度・気圧・ 気球の方位・高度角を読み取り PTチャートと常用表から気圧の高度計算を行い、 ゾンデの高度とその高度角から、逆正接関数を用いて、 ゾンデの位置をホワイトボード上にプロットし、 風向・風速を求める。



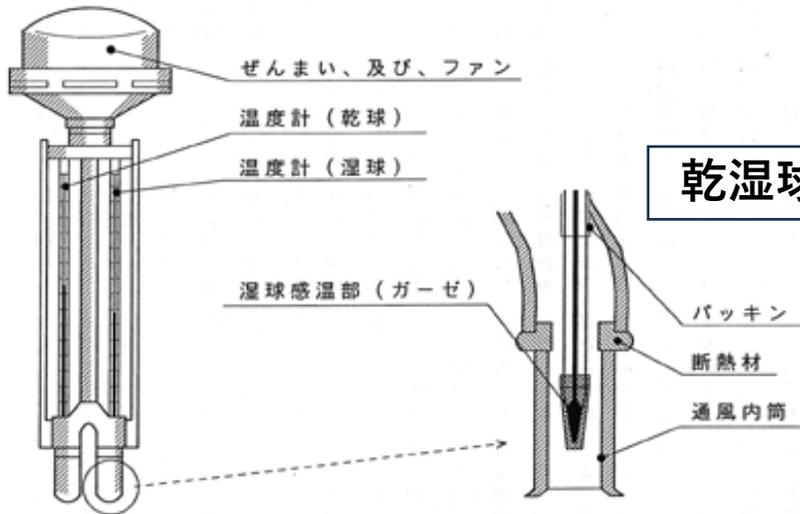
百葉箱



矢羽根式風向計



風杯型風速計



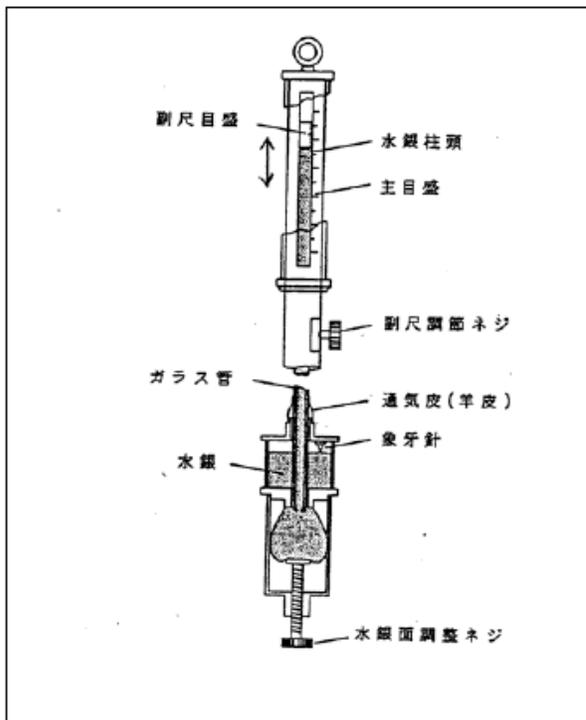
乾湿球温度計



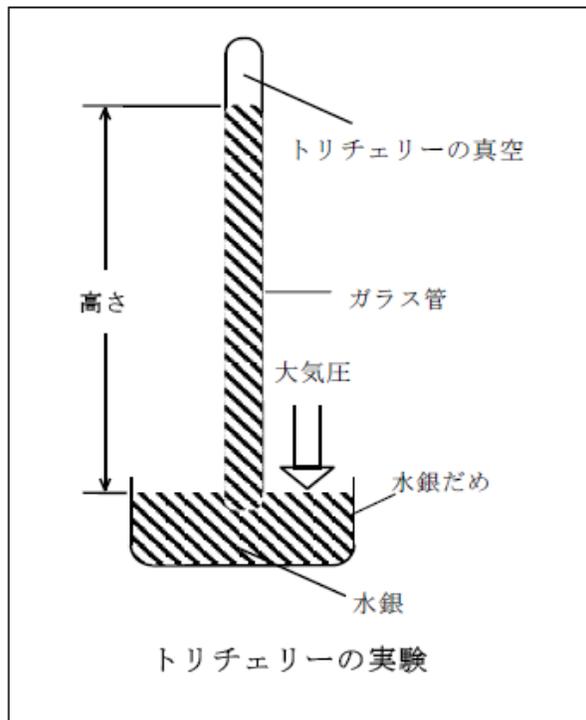
プロペラ型風向風速計

水銀気圧計

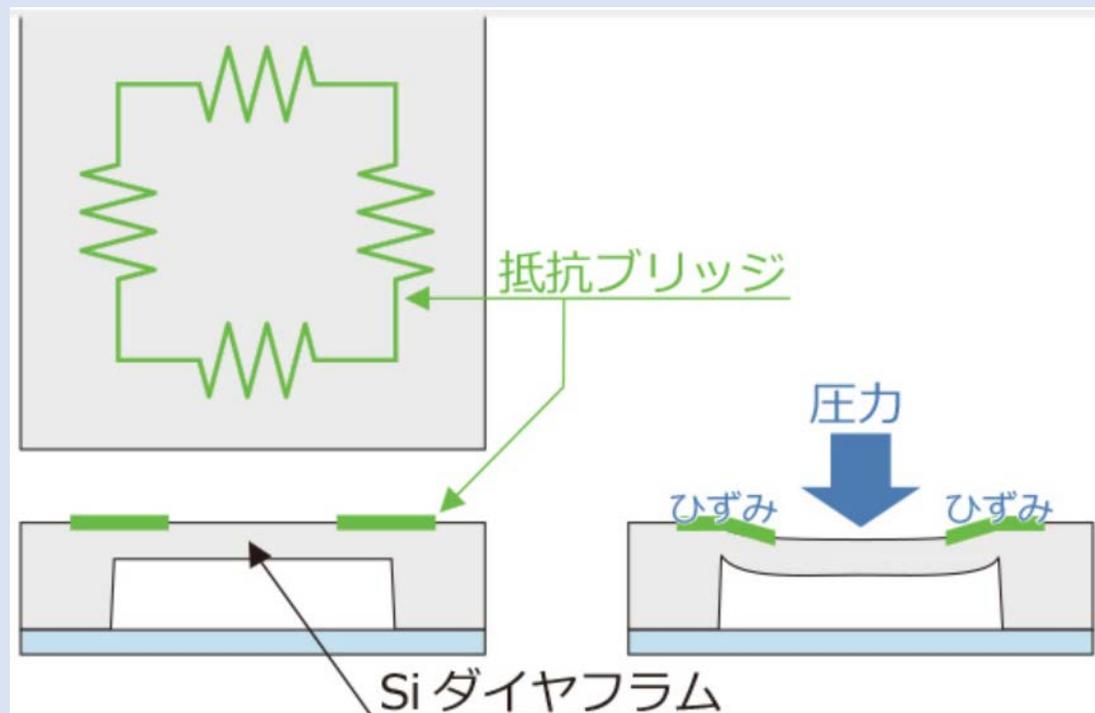
[外観図]



[原理図]



電気式気圧計



雨量の観測

降った雨は雨量計の受け口から漏斗で集められ、内部の貯水瓶に溜まる。一定の時刻になったら瓶に溜まった雨水を目盛りの入った雨量ますに移し替え、その目盛りで読み取ることで雨量を観測。なお、現在、気象庁や鉄道会社など日本で多く使用されているのは「転倒ます型雨量計」である。



観測はアナログからデジタルへ

第1章 通報式の名称, 通報型式, 注及び規則

FM12 SYNOP—地上実況気象通報式

FM13 SHIP—海上実況気象通報式

FM14 SYNOP MOBIL—地上移動観測所地上実況気象通報式

通報型式:

第0節	M _i M _i M _j M _j	$\left\{ \begin{array}{l} D \dots D^{****} \\ \text{又は} \\ A_1 b_w n_b n_b n_b^{**} \\ h_o h_o h_o h_o i_m^{***} \end{array} \right\}$	YYGGi _w	$\left\{ \begin{array}{l} I i i i^* \\ \text{又は} \\ 99 L_a L_a L_a \quad Q_c L_o L_o L_o L_o^{****} \end{array} \right\}$			
	MMM U _{L_a} U _{L_o} ^{***}						
第1節	i R i _x h V V	N d d f f (00 f f f)	1 s _n T T T	$\left\{ \begin{array}{l} 2 s_n T_d T_d T_d \\ \text{又は} \\ 29 U U U \end{array} \right\}$	3 P ₀ P ₀ P ₀ P ₀	$\left\{ \begin{array}{l} 4 P P P P \\ \text{又は} \\ 4 a_3 h h h \end{array} \right\}$	
	5 a p p p	6 R R R t _R	$\left\{ \begin{array}{l} 7 w_w W_1 W_2 \\ \text{又は} \\ 7 w_a W_a W_{a1} W_{a2} \end{array} \right\}$	8 N _h C _L C _M C _H	9 G G g g		
第2節	222 D _s V _s	(0 s _s T _w T _w T _w)	(1 P _{wa} P _{wa} H _{wa} H _{wa})	(2 P _w P _w H _w H _w)	((3 d _{w1} d _{w1} d _{w2} d _{w2})		
		(4 P _{w1} P _{w1} H _{w1} H _{w1})	(5 P _{w2} P _{w2} H _{w2} H _{w2})	$\left\{ \begin{array}{l} 6 I_s E_s E_s R_s \\ \text{又は} \\ \text{ICING} + \text{平文} \end{array} \right\}$	(70 H _{wa} H _{wa} H _{wa})		
	(8 S _w T _b T _b T _b)	(ICE +	$\left\{ \begin{array}{l} c_i S_i b_i D_i z_i \\ \text{又は} \\ \text{平 文} \end{array} \right\}$)			
第3節	333(0.....)	(1 s _n T _x T _x T _x)	(2 s _n T _n T _n T _n)	(3 E j j j)	(4 E' s s s)	(5 j ₁ j ₂ j ₃ j ₄ (j ₅ j ₆ j ₇ j ₈ j ₉))	(6 R R R t _R)
		(7 R ₂₄ R ₂₄ R ₂₄ R ₂₄)	(8 N _s C _h s _h s)	(9 S _P S _P S _P S _P)	(80000 (0.....) (1.....)		
第4節	444	N' C' H' H' C _t					
第5節	555	0 _s T _w T _w T _w	1 P _{wa} P _{wa} H _{wa} H _{wa}	2 P _w P _w H _w H _w	3 d _{w1} d _{w1} d _{w2} d _{w2}	4 P _{w1} P _{w1} H _{w1} H _{w1}	

地上実況気象通報式例（上段：東京、下段：大阪）

チジヨウ キシヨウ 100000

47662 11/82 73506 10180 20133 30102 40131 51003 69902 70281 8787/
333 20152 70065=

チジヨウ オオサカ 100000

47772 12/81 20404 10222 20136 30030 40126 50007 60002 81830
333 20186 70000=

地上気象観測の通報（モールス通信）

モールス符号のT (—) , N (— ·) , D (— · ·) , B (—...) , O (— — —) , C (— · — ·) , Z (— — · ·) , M (— —) , G (— ·)

気象レーダーの観測

この最初のレーダーは平地に設置されたことから、観測範囲に制約がありました。そこで1968年(昭和43年)、生駒山系の南端にあたる、八尾市の高安山に第2号機が設置されました。

図2は1982年(昭和57年)8月9日の大阪レーダーの観測記録です。かつて気象レーダーの観測結果は、観測装置のブラウン管の画面に、このような透明のスケッチシートをのせて写し取ることで記録していました。観測は定時観測の場合3時間ごとに1日8回行われ、作成したスケッチ図は、ファックスを使って送信していました。

このスケッチ図にはいろいろな記号がメモ

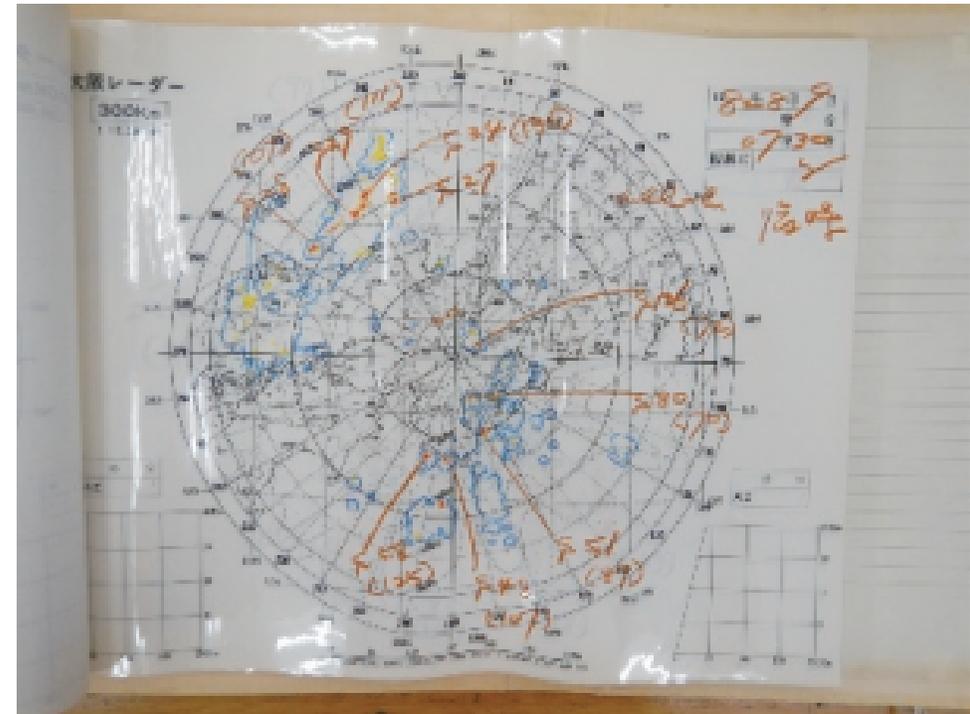
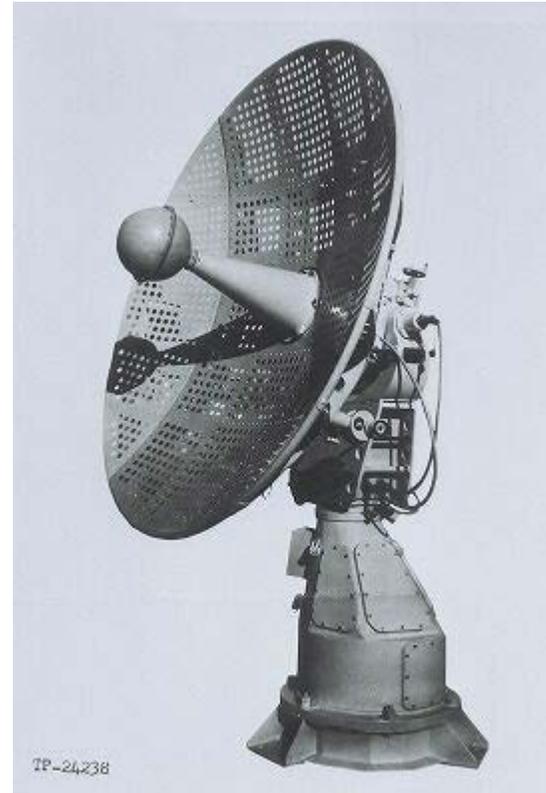


図2 レーダー観測スケッチシート

記録はアナログからデジタルへ

高層気象観測（ラジオゾンデ）
D55A型自動追跡記録型方向探知機



1954年に、在日米軍から譲り受けて、これをモデルに製作。波長の短い1680MHzの電波を使用する方式で、パラボラアンテナを用いて指向性の向上を図り、自動追跡が可能。

ラジオゾンデ観測における作業と計算など

1. ゴム風船に水素ガスを充填
2. 観測員による放球
3. ゾンデからの気温、気圧、湿度データの受信（モールス信号）
4. モールス符号の印字、音声での聞き取り
5. 気温・気圧データから、ゾンデの高度を計算
6. 高度データから、逆三角関数を用いて、ゾンデの水平距離を計算
7. 水平距離 (S) = ゾンデの高度 × コタンジェント高度角
水平軌跡をホワイトボード上にプロット
8. 国際気象通報形式に沿って、観測結果をモールス信号の電報に作製、
9. 通信課にモールス通信で打電

モールス符号は T — N — · D — · · B — · · · O — — —
C — · — · Z — — · ·

ゾンデからの送信が記録紙に受信できない場合は符号を直接聞いて記録しました
観測値（数値）は大阪47772の無線課に観測者がモールス符号で送信していました。
— · — — · — · (受けよ) — — · (送れ) — · — · · · (さようなら)

IBM704の導入(1959)



横浜港に荷揚げ（トレーラーに内蔵）



気象庁に納入されるIBM704

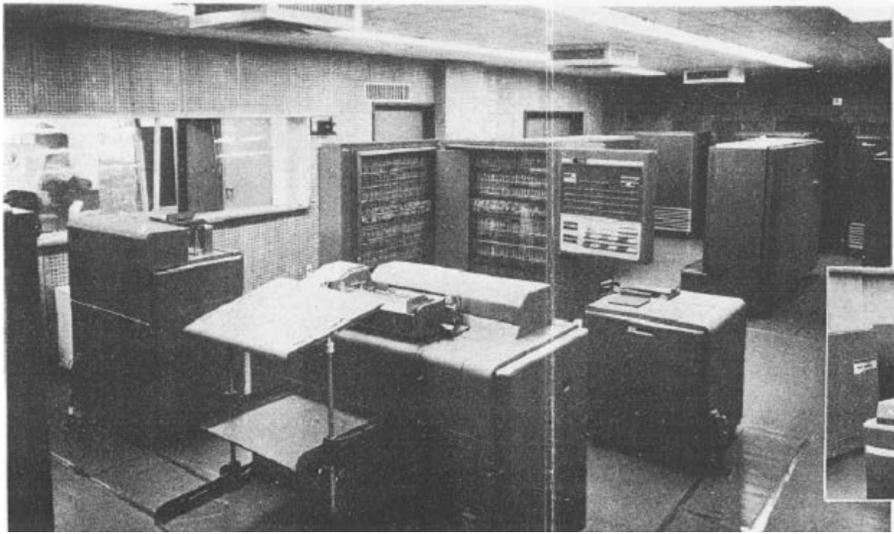
横浜から第2国道を気象庁へ



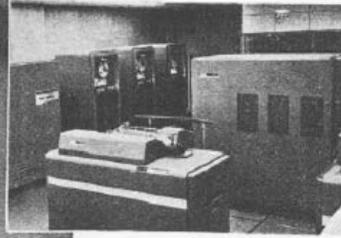
IBM社長より和達長官に「金色の鍵」の贈呈



- CPUの記憶容量は約8000語
- プログラムはパンチカード
- IBM704のために別棟を建築
「電子計算室」を設置
特別にエアコンを導入
- 記憶装置は磁気テープ



IBM704



岸保勘三郎
(電子計算室長：数値予報の父)



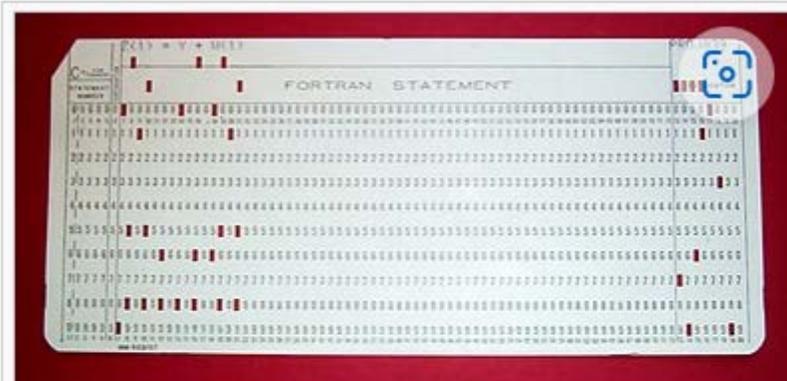
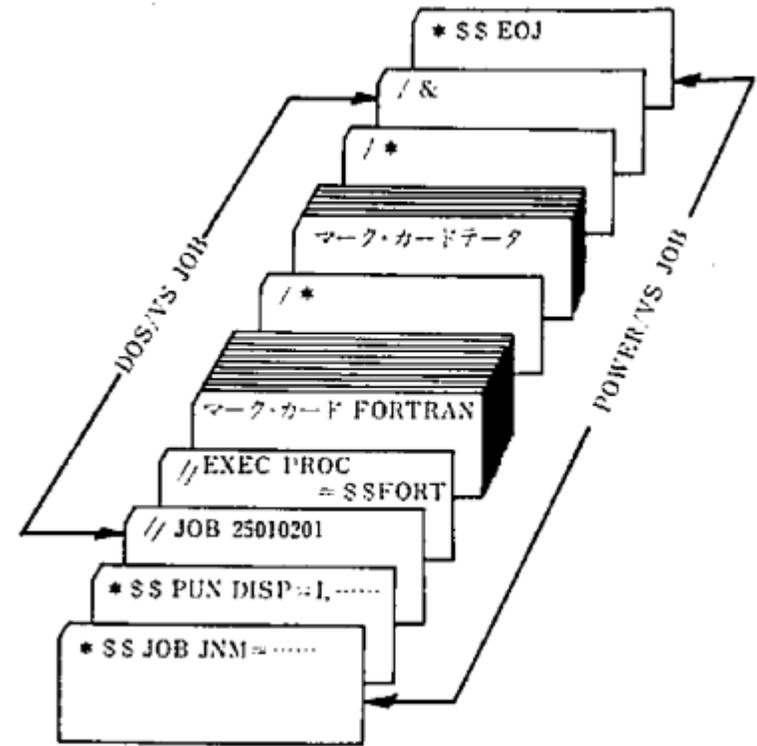
キーパンチャー
女性の花型職であった



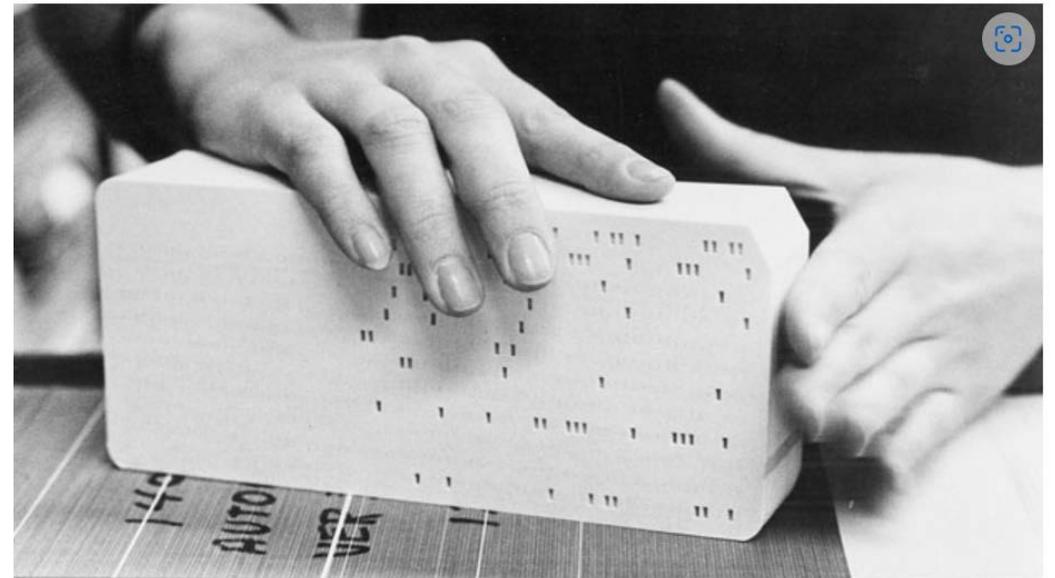
IBM 721カード・パンチ (穿孔機)



IBM 711カード・リーダー

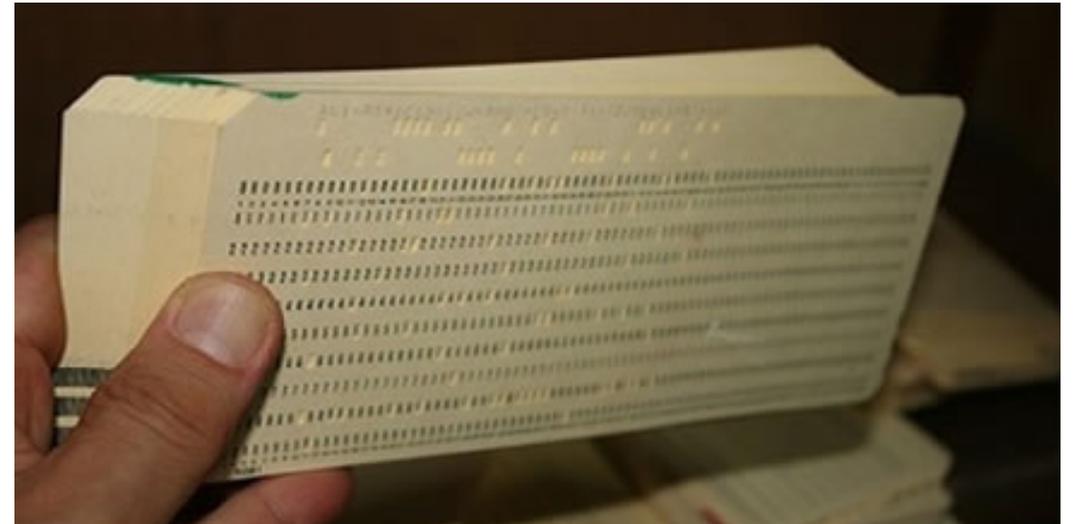
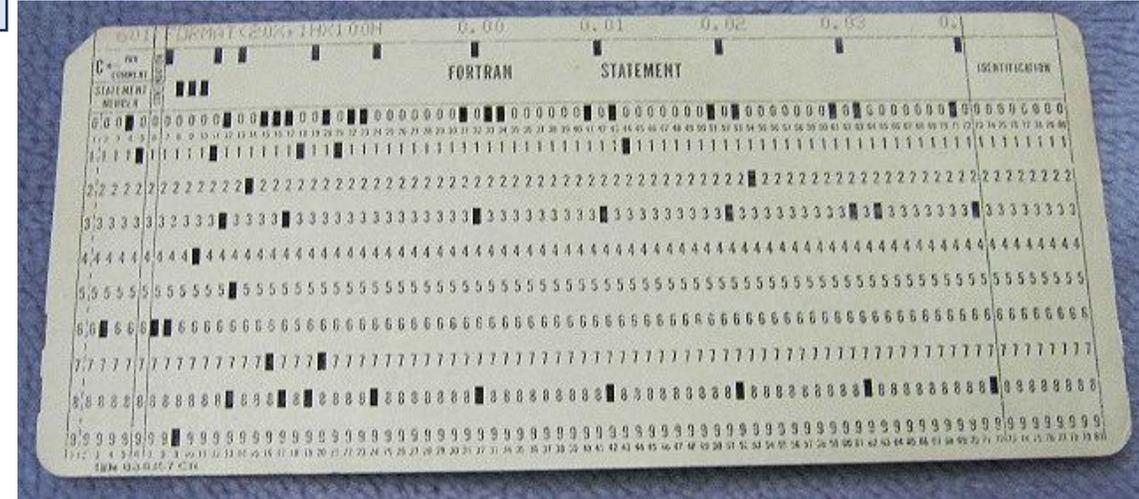


IBMの80欄カード。FORTRANプログラムの1行 "Z(1) = Y + W(1)" がパンチされている。



初期の数値予報のプログラミング法

```
.....  
write(*,*) 'Start calculation'  
do ns = 1, ntime+nmd  
  nsion = mod(ns,ionstep)  
  if (ns >= nostart) nst = 1  
  if (mod(ns,ndstep) == 0) write(*,*) 'ns=',ns  
  call stepbfield  
  if (nst /= 0) then  
    call eaccelerate  
    call evelocity  
    if (nsion == 0) then  
      call iaccelerate  
      call ivelocity(0)  
    endif  
  call makeecurrent  
  call emovehalf  
  call makeedensity
```



まとめ

- 気象現象（天気、雲、雷など）は目視観測
- 気象要素（気温・気圧など）の観測は、温度計、バイメタル、水銀を用いたセンサで表示、目視で読み取り
- 数値をノートに記録、国際気象通報式に編集
- 電話あるいはモールス通信で伝達
- 気象レーダーの観測は、エコーのスケッチ後、Faxで本庁に伝達
- 日・月・年平均の計算は、ソロバンあるいは、Tiger 計算機で計算
- IBMによる数値予報の計算

観測手法と記録が機械的・アナログから、
自動化・デジタル化へ